

Desarrollo de un proyecto con uniones adhesivas:

Pasos a seguir desde la oficina técnica a la puesta en marcha

Alberto Sastre

Director Técnico De Industria y Adhesivos

Sika S.A.U.



!Evolución de los sistemas de unión desde el pasado siglo!



Si hoy día queremos fabricar o reparar este tren con adhesivos sería imposible

!Evolución de los sistemas de unión desde el pasado siglo!



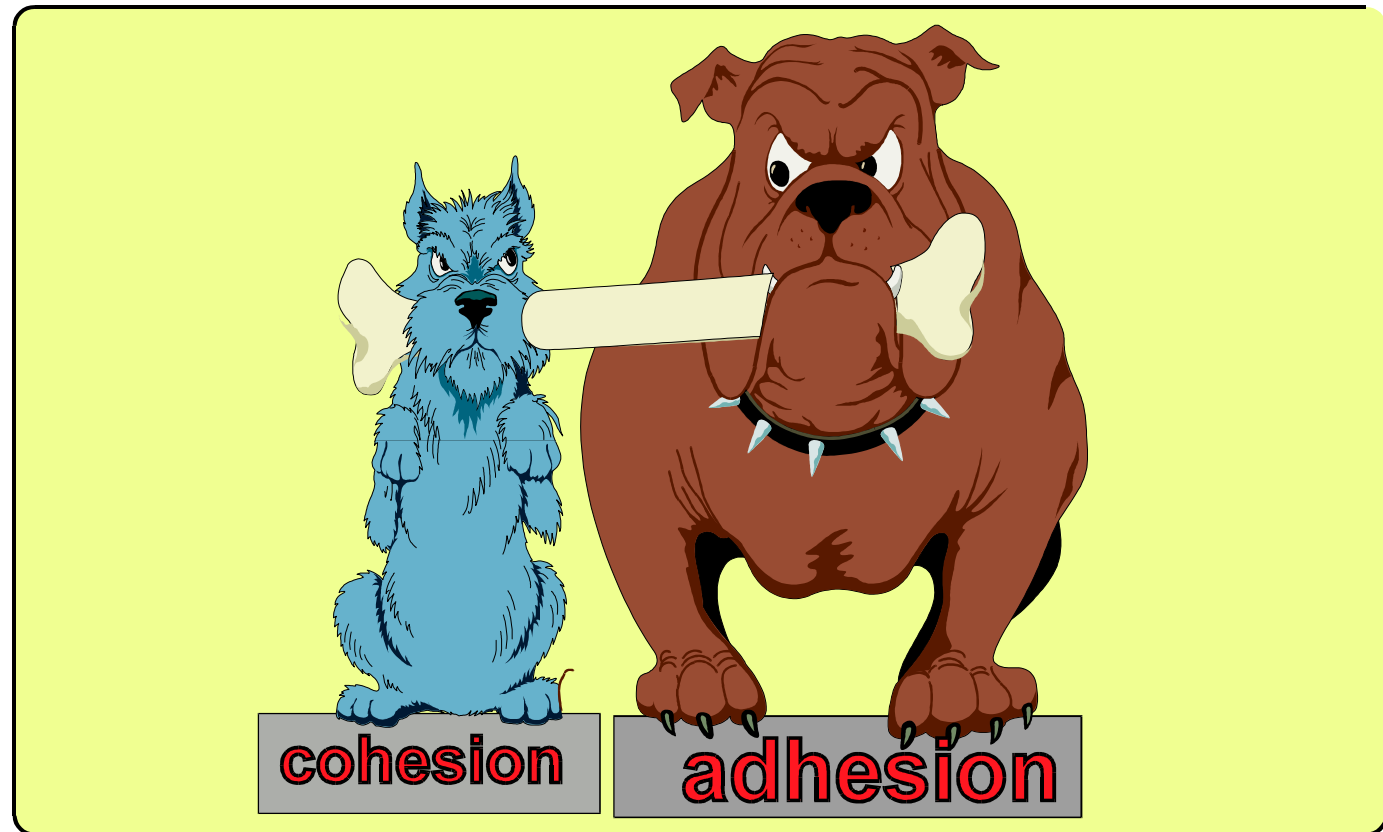
**Este tren de alta velocidad
no se podría construir sin adhesivos**

Sin embargo no nos fiamos de los adhesivos todo lo que podríamos



**¿Cuántos de nosotros subiríamos a esta montaña rusa
sólo pegada (sin soldaduras ni uniones atornilladas ni
remaches)?**

Dudas frecuentes sobre el funcionamiento de los adhesivos



Dudas frecuentes sobre el funcionamiento de los adhesivos



- Es una unión..... Química
- En laboratorio funcionan pero.....
- Si no limpias la superficie no funcionan
- La persona que hace este tipo de trabajos no tiene formación para poder pegar
- Los comerciales de adhesivos dicen lo que les interesa pero luego los productos no funcionan
- Si no lijo la superficie no funcionan
- El adhesivo más caro es el mejor
- Los procesos de trabajo no estan pensados para los adhesivos
- Los adhesivos bien pero....Una soldadura es una soldadura
- No soportan intemperie
- Son tóxicos

Dudas frecuentes sobre el funcionamiento de los adhesivos

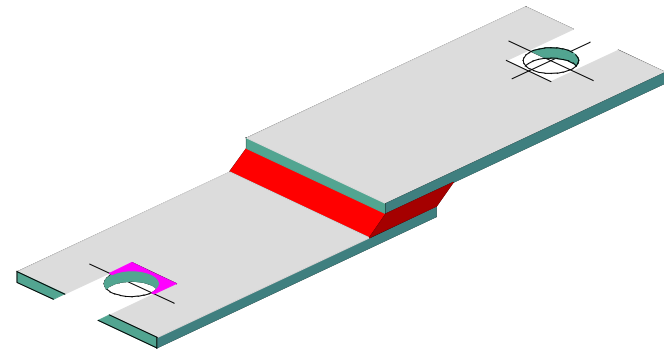
¿Por qué nos fiamos más :



de esta unión



que de esta otra?



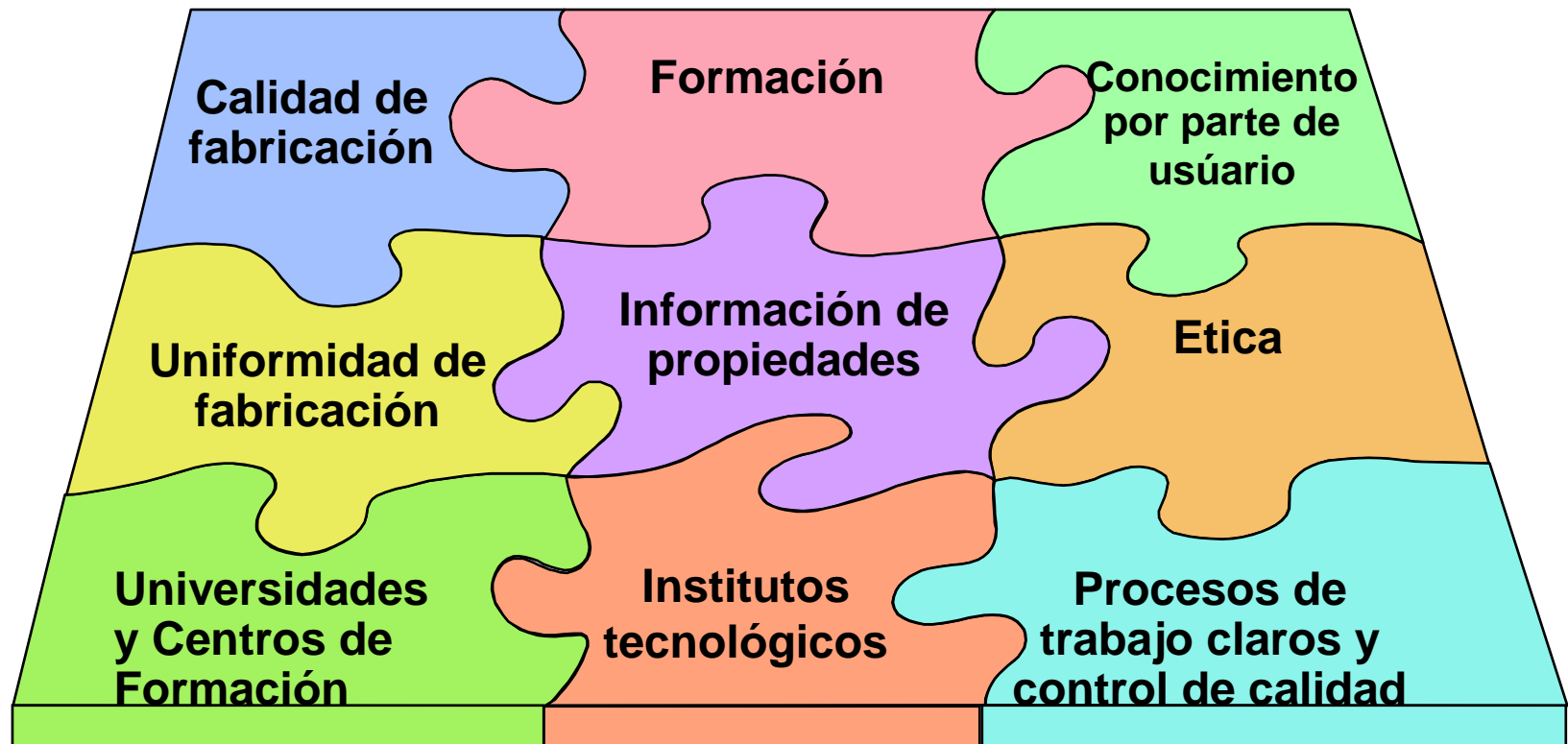
**!Tambien hay mucha gente que piensa que
con los adhesivos se puede hacer de todo;**



!En realidad la forma de trabajo de un adhesivo se parece bastante a este tipo de anclaje



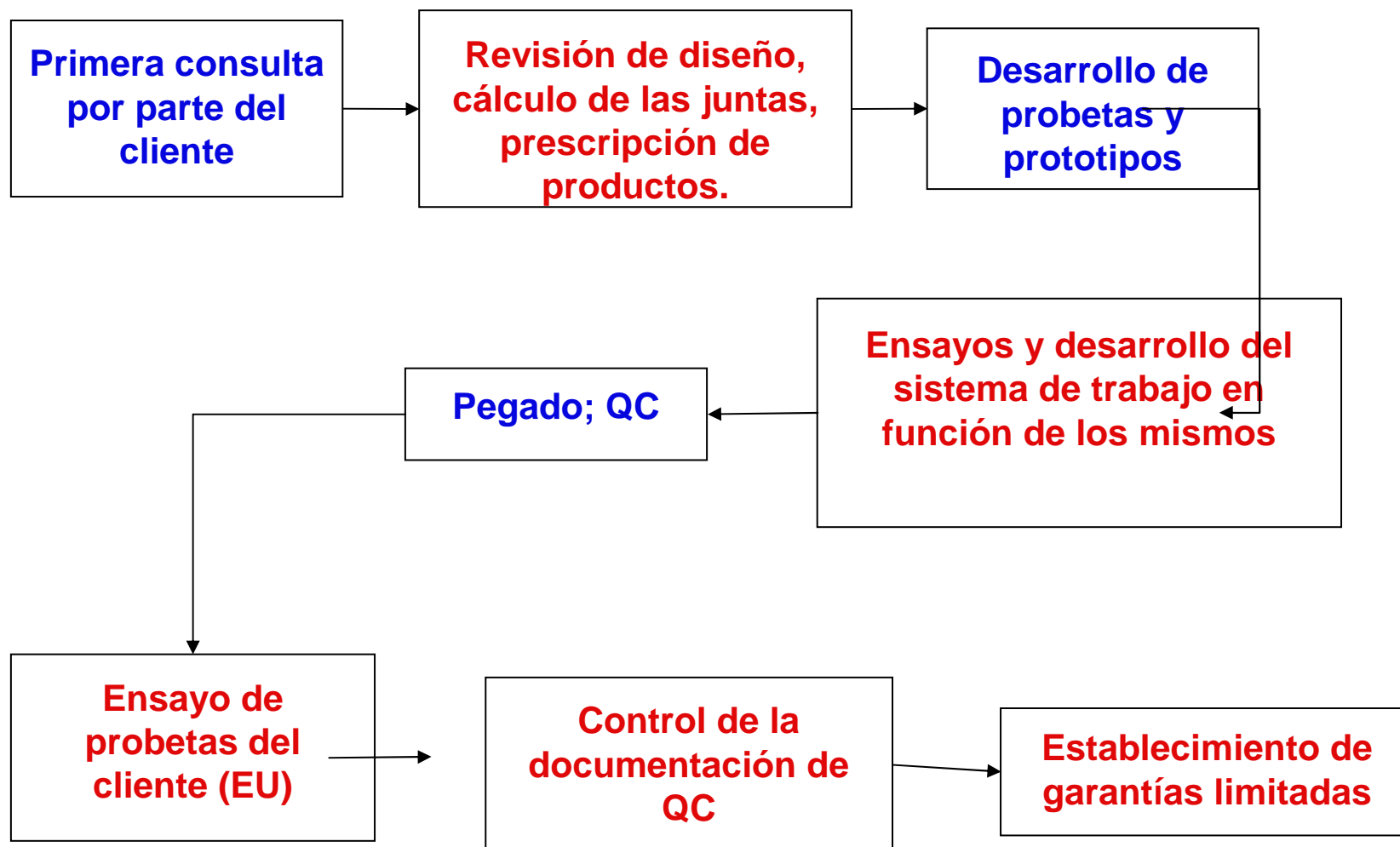
Puzzle de la seguridad en las Uniones adhesivas



Fases de un proyecto de unión con adhesivos

- Definición de elementos a pegar
- Definición de especificaciones
- Definición del proceso productivo
- Selección del tipo de adhesivo
- Selección de dispositivos de aplicación
- Fase de ensayos envejecimiento
- Fase de ensayos de campo
- Elaboración de instrucciones de trabajo
- Definición e implementación del control de calidad

Diagrama de flujo del proyecto



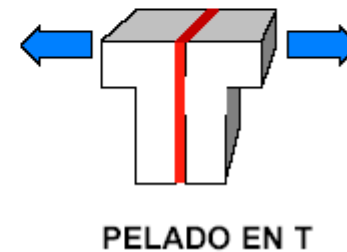
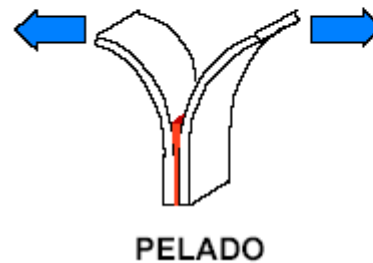
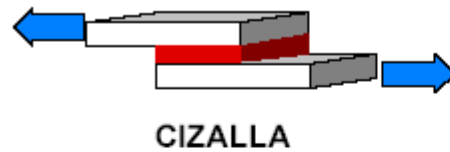
Fases de un proyecto de unión con adhesivos

Definición de elementos a pegar

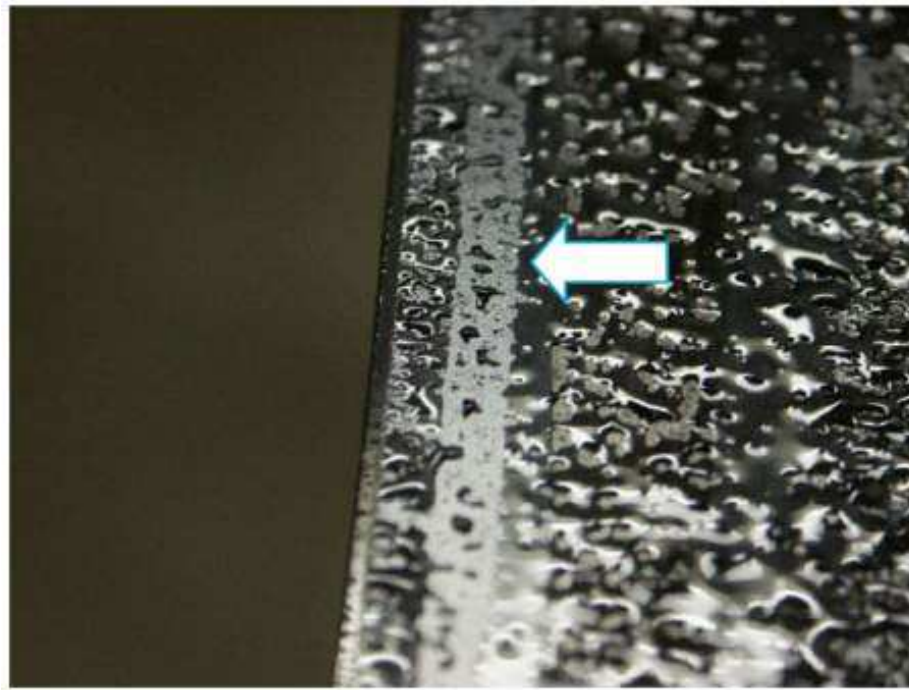
- Qué materiales debo unir
- Materiales iguales o distintos
- Que propiedades tienen estos materiales, coef dilatación, etc.
- Como afectan estas propiedades al uso final que espero de la unión
- Puedo hacer la unión de otra manera de forma sencilla
- Tengo riesgo de corrosión
- Tengo riesgo de tensiones internas en los materiales
- Lo que voy a pegar trabaja en el exterior o no
- Qué temperatura debe soportar la unión

Diseño con uniones adhesivas.

Ventajas, inconvenientes



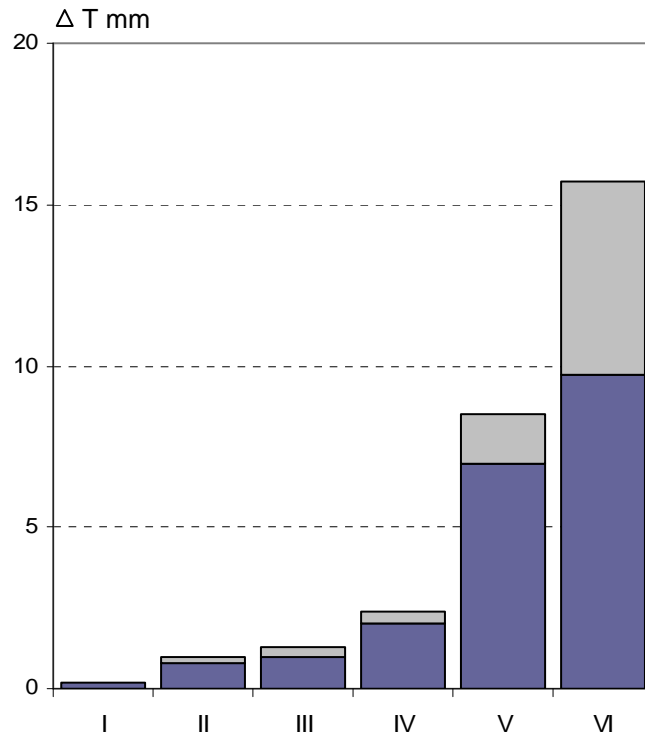
Materiales. Relación entre los materiales y su utilización con adhesivos. Características principales de los más comunes



Diferencia en los coeficientes de dilatación térmica en los distintos materiales

Alberto Sastre, Octubre 2010

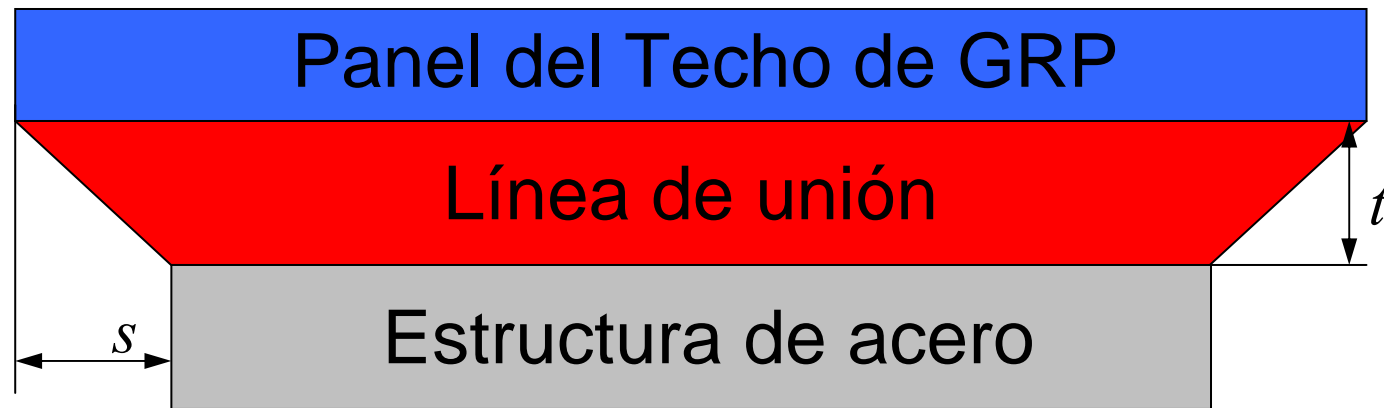
15



- I = Vidrio**
- II = Clinker, Madera, Piedra blanca, Mármol**
- III = Hormigón, Acero,**
- IV = Aluminio, Cobre, GFK, PP, EP, Mortero, Mármol**
- V = PVC rígido, Estiroleno, Acrílico, Melamina**
- VI = Poliamida, Polietileno, Poliuretano**

$\Delta T = 100^{\circ}\text{C}$ in mm/m

Cambios de Temperatura



Diferencia de expansión lineal

$$\Delta l = l_0 \cdot \Delta \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta l = 8000mm \cdot 8 \cdot 10^{-6} K^{-1} \cdot 70K$$

$$\Delta l = 4.5mm \Rightarrow s = \Delta l / 2 \quad (\text{max. 50\%})$$

l_0 Longitud del objeto

ΔT Diferencia de T^as

$\Delta \alpha$ Diferencia de coeficientes de expansión lineal

$$\alpha_{\text{GRP}} = 20 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$\alpha_{\text{Stahl}} = 12 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

Regla: $t \geq \Delta l$

Espesor \geq diferencia de expansión

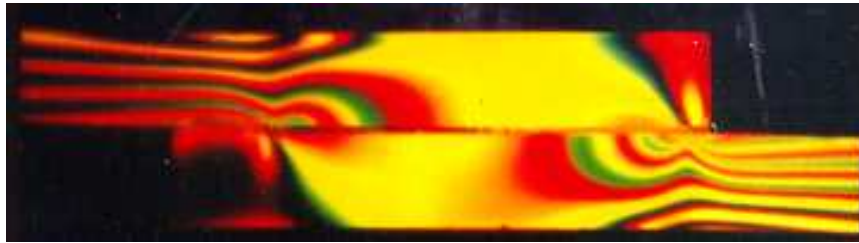
Fases de un proyecto de unión con adhesivos

Definición de especificaciones a cumplir

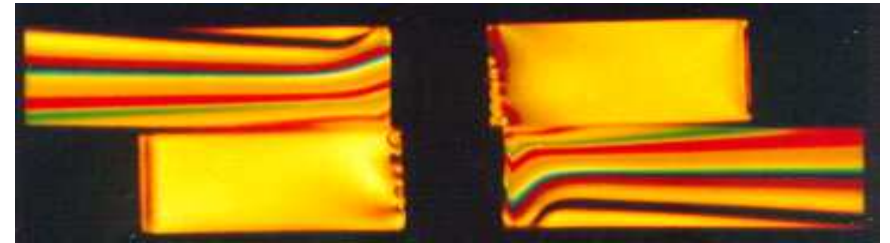
- Estudio de tensiones en la unión
- El adhesivo sólo sujeta la pieza o aporta resistencia al conjunto
- Necesito calcular la unión o no es necesario
- Existe o no especificación sobre temperaturas admisibles
- Especificaciones ecológicas
- Número de años que debe soportar
- Debe cumplir ensayos específicos marcado CE o Edificación
- Está en contacto con otros materiales o no
- Qué temperatura debe soportar la unión
- Contacto con agua u otros agentes

Distribución de tensiones (en modelos fotoelásticos)

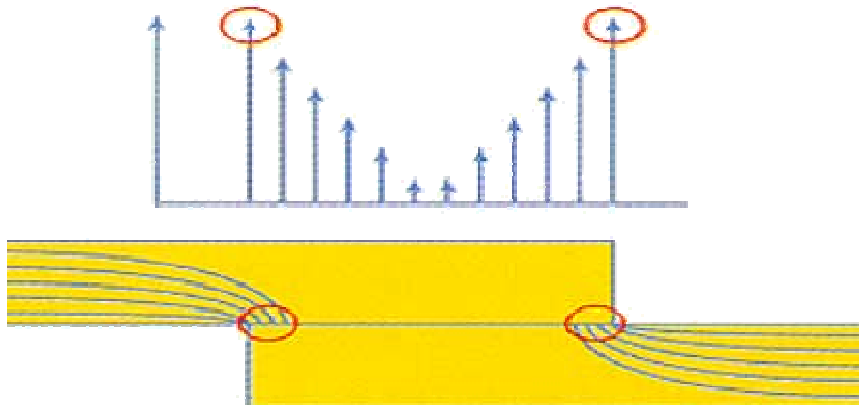
Adhesivo Rígido (espesor fino)



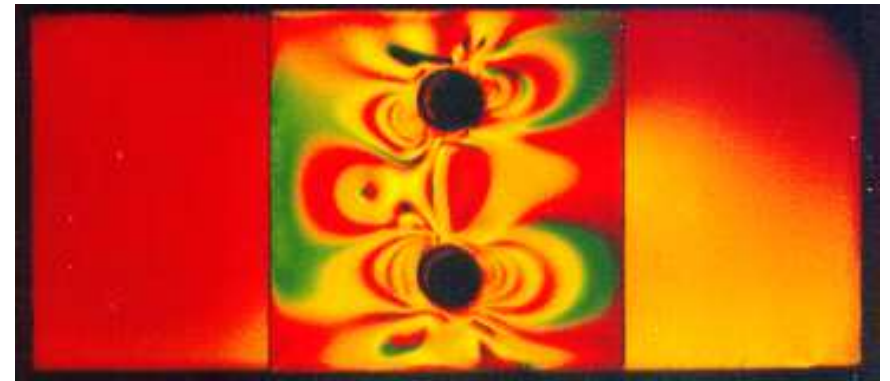
Remachado (clavado, atornillado)



Picos de tensión



Picos de tensión



Cálculo de uniones adhesivas

$$w_a \cdot l_a = \frac{S}{\tau_B \cdot f_T} \cdot \left(\frac{F_{static}}{f_t} + \frac{F_{dynamic}}{f_z} \right)$$

$w_a = ?$ Ancho de cordón de adhesivo

$l_a = 7000mm$ Longitud de cordón de adhesivo

$S = 2$ Factor de seguridad

$\tau_B = 4MPa$ Resistencia a cortadura en solape del adhesivo

$f_T = 0.6$ Factor de reducción por temperatura máxima 55°C

$F_{static} = 785N = 80kg \cdot 9.81m/s^2$ Fuerza estática por peso propio

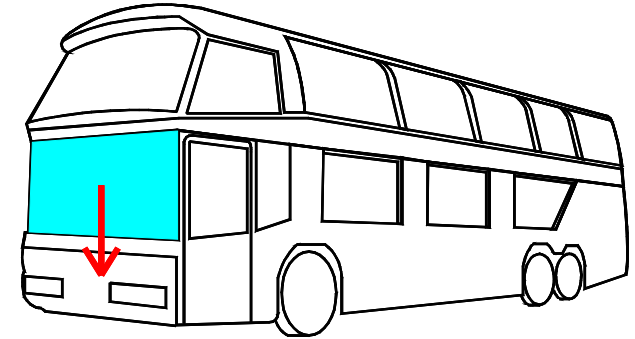
$f_t = 0.06$ Factor de reducción por carga estática continua

$F_{dynamic} = 1570N = 80kg \cdot 2 \cdot 9.81m/s^2$ Fuerza dinámica por aceleración 2g

$f_z = 0.08$ Factor de reducción carga dinámica durante la vida en servicio

$$w_a \cdot 7000mm = \frac{2}{4MPa \cdot 0.6} \cdot \left(\frac{785N}{0.06} + \frac{1570N}{0.08} \right)$$

$$w_a = 3.9mm$$



Cálculo con uniones adhesivas.

Tensión multiaxial

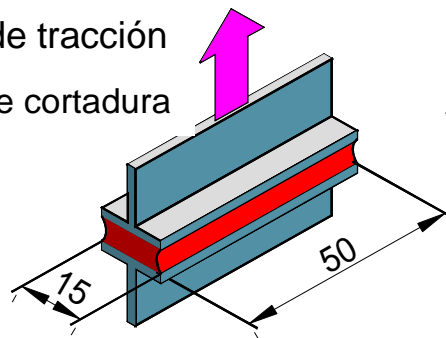
Normal stress theory for fracture :

$$\sigma_V = 0.5\sigma_Z + 0.5\sqrt{\sigma_Z^2 + 4\tau^2}$$

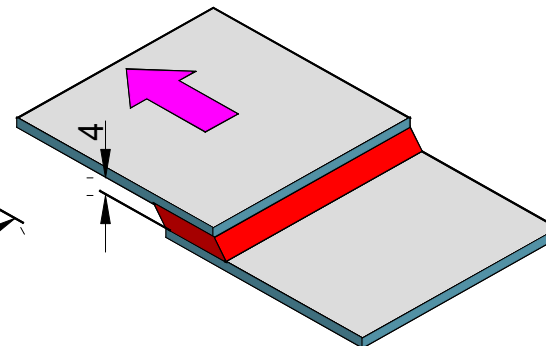
σ_V Tensión equivalente

σ_Z Tensión de tracción

τ Tensión de cortadura



**Mezcla de tracción
y cortadura!**



**Tensión de tracción o tensión de cortadura:
la resistencia a fractura es muy similar**

Simulación computacional

Muelle:

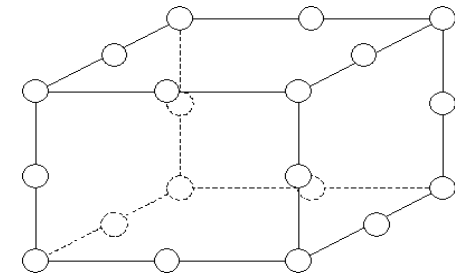
muelles desacoplados con diferente rigidez para tracción/compresión y cizalladura



$$k_{Shear} = c \cdot \frac{A}{d}$$

Elemento sólido:

Al menos un elemento cuadrático hexahédrico o dos elementos hexahédricos a través del espesor de adhesivo



Sikaflex es incompresible $\Rightarrow \nu \approx 0.49$

Duración del adhesivo

automóviles ~8

camiones 10-15

autobuses 15-20

ferrocarril 20-25

edificios 40

Años

diggelmann/diggelfolmisc livexpec

La Ecología es una oportunidad.

**Responsabilidad en Seguridad y Medio
Ambiente para cada uno de sus
estadios.**

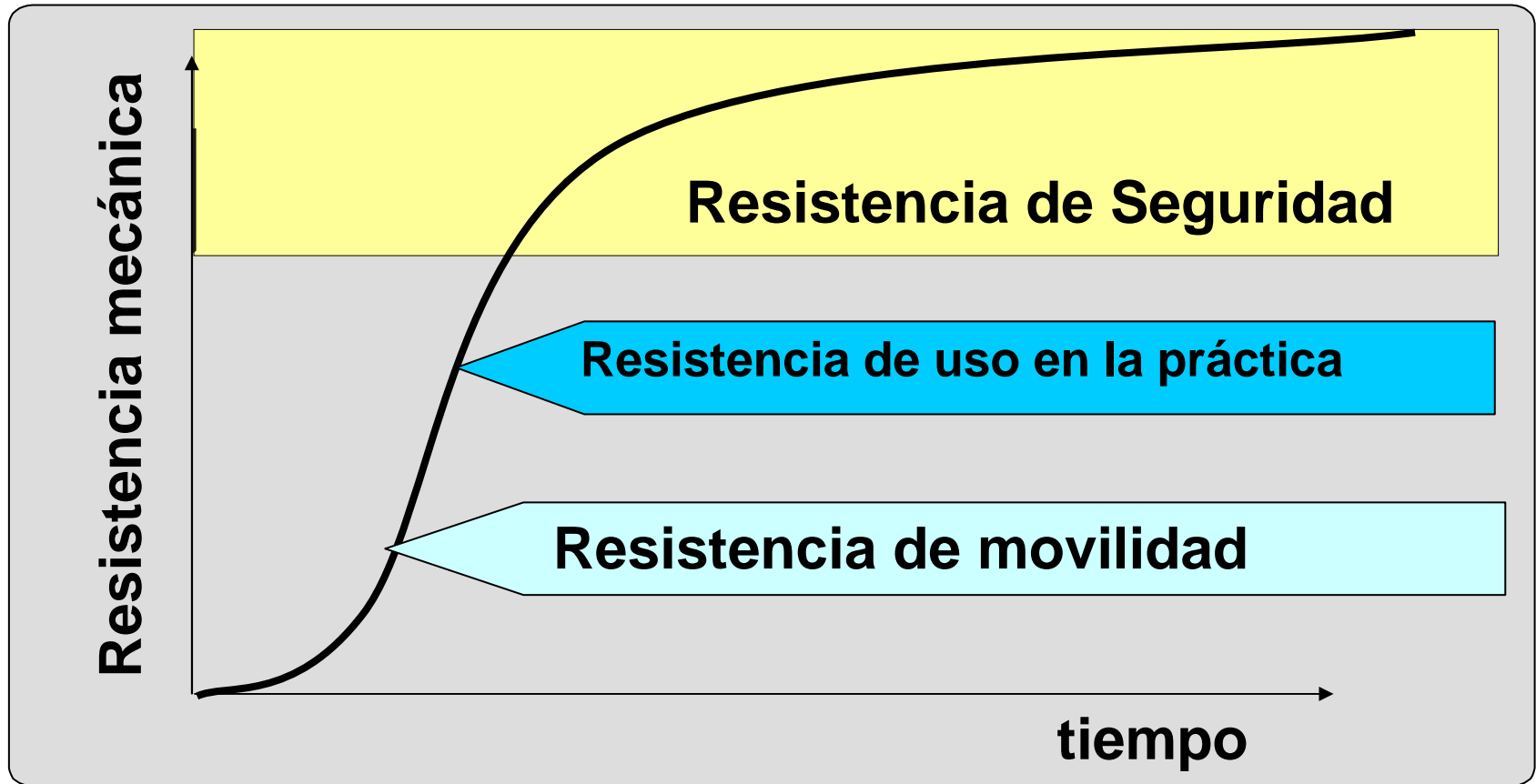


Fases de un proyecto de unión con adhesivos

Especificaciones y necesidades del proceso de producción

- Cuantas piezas al día, a la semana, al minuto, ...etc.
- Resistencia necesaria tras la aplicación
- Tiempo permitido para alcanzar esa resistencia
- Existen o no tensiones en la aplicación y pegado
- Aplicación manual, semimanual o automática
- Aplicación en fábrica o en el exterior
- Tipo de envase ideal para el adhesivo
- Definición de tiempos de trabajo admisibles o posibles
- Necesidades de seguridad e higiene en la producción
- Definición de stock posible en puesto de aplicación
- Posibilidad de construir herramientas para transporte, etc.

Niveles de desarrollo de la resistencia

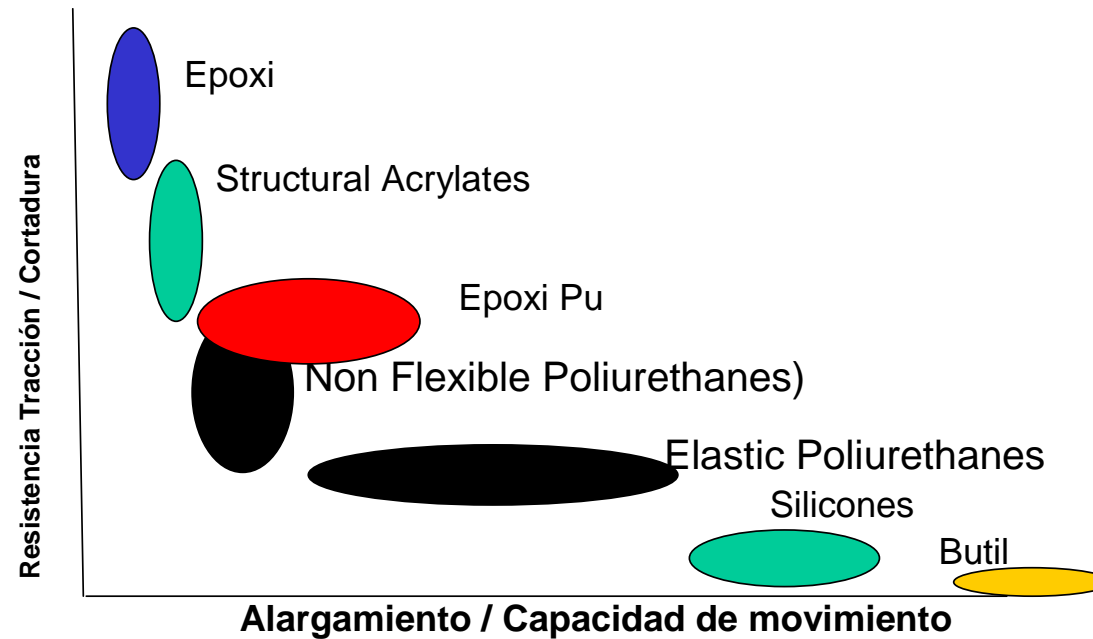


Fases de un proyecto de unión con adhesivos

Selección del tipo de adhesivo

- Adhesivo rígido o elástico
- Adhesivo rápido o lento en el curado
- Adhesivo tenaz o frágil
- Adhesivo con posibilidad de cálculo o no es necesario
- Adhesivo resistente UV
- Adhesivo resistente al agua
- Adhesivo que cure bajo el agua
- Producto de pegado o de sellado/relleno
- Adhesivo mono componente o bi componente
- Adhesivo pintable o no es necesario
- Color del adhesivo

TIPOS DE ADHESIVOS

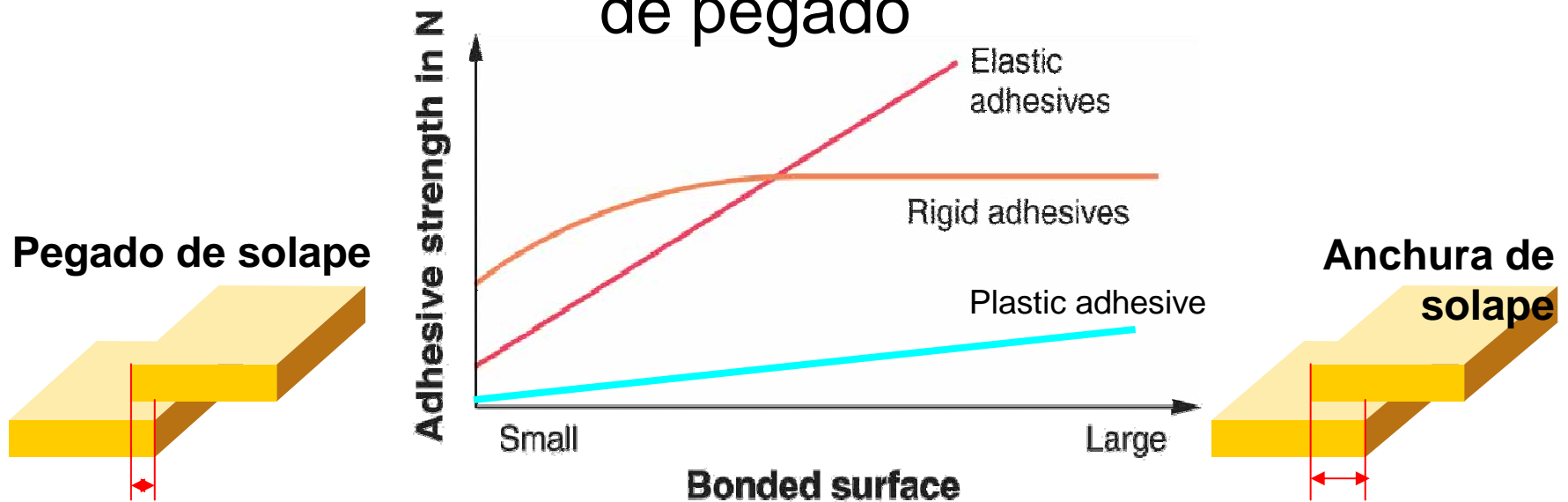


**Tecnologías no aplicables
por cálculo estructural**

- Hot Melts and Reactive Hot Melts
- Contact adhesives water based
- Contact adhesives solvent based
 - PSA Adhesives
 - Anaerobic adhesives
 - Cyanoacrilates

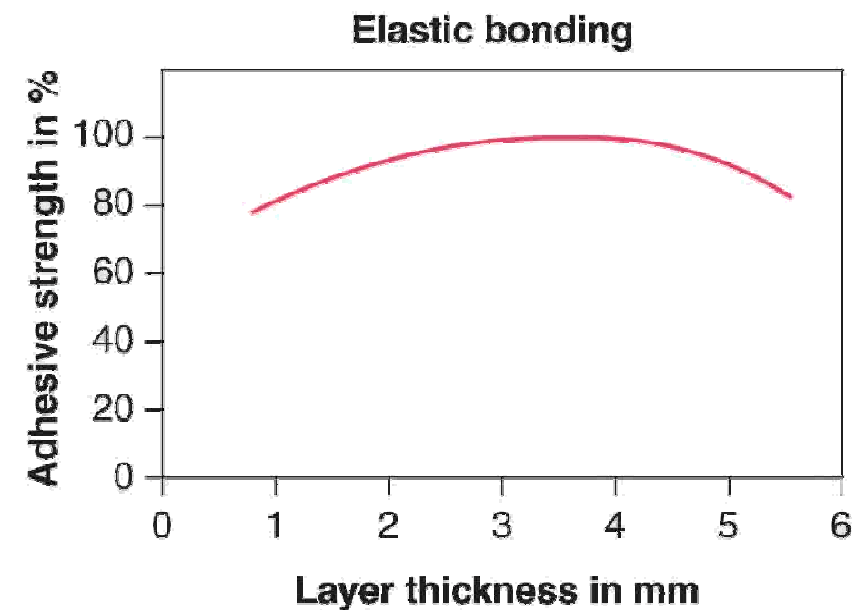
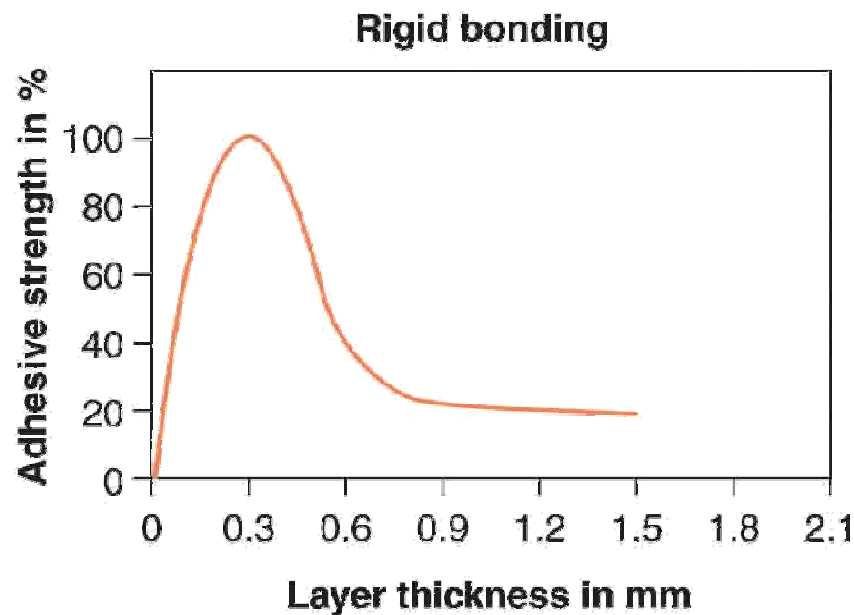
Las resistencias totales dependen del solape

Los Adhesivos Elásticos no tiene picos de tensión, las fuerzas se distribuyen uniformemente y se incrementa linealmente las resistencias en el area de pegado



Influencia del espesor del adhesivo sobre la resistencia del pegado

Compensación de substratos irregulares



Fases de un proyecto de unión con adhesivos

Definición de dispositivos de aplicación

- Tipo de envase
- Aplicación manual o automática
- Dispositivos auxiliares, transporte piezas, etc



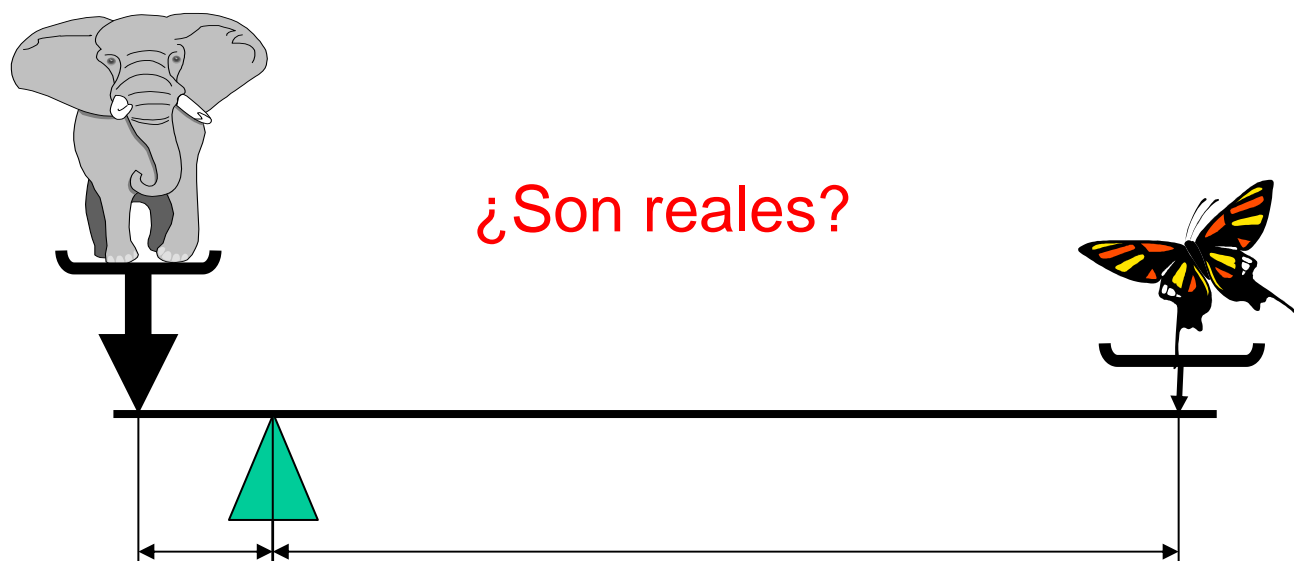
Fases de un proyecto de unión con adhesivos

Fase de ensayos de envejecimiento

- Ensayos adecuados al tipo de trabajo que debe soportar el adhesivo
- Siempre con substratos exactos a los del proyecto
- Envejecimiento adecuado a condiciones de trabajo y tiempo de durabilidad de los elementos pegados
- Con arreglo a especificaciones si estas existen
- Tratando de concretar productos y procesos y no diversificar
- Simplificar productos, procesos y tratamientos previos
- Simplificar envases y dispositivos de aplicación
- Siempre el producto más barato que cumpla las especificaciones

Ensayos de envejecimiento acelerado

Los ensayos de envejecimiento acelerado tratan de simular el comportamiento a largo plazo del adhesivo mediante un ensayo a corto plazo forzando las condiciones de trabajo



Ensayos de envejecimiento

Comportamiento en tiempo real

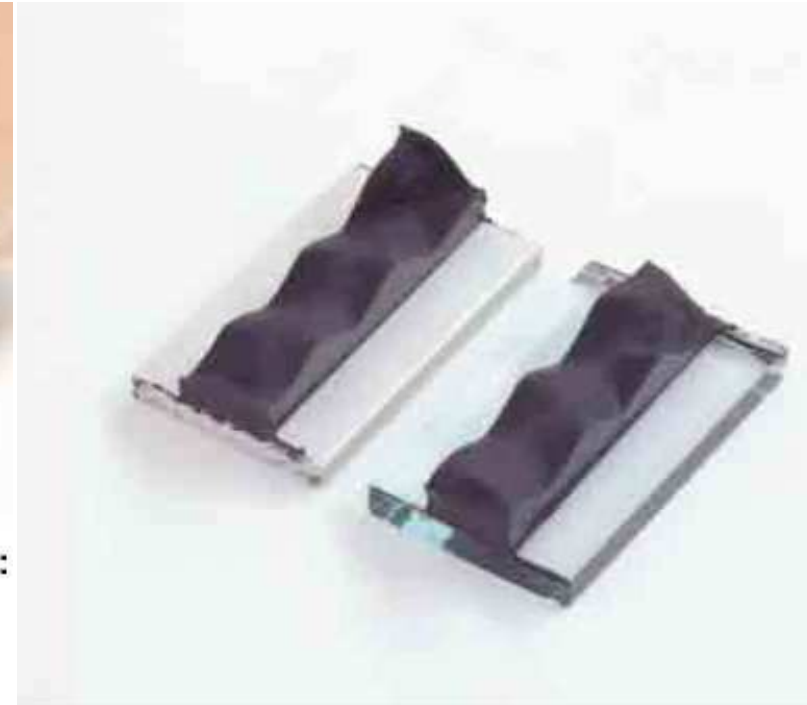
Hasta ahora los resultados muestran que se aproximan bastante

Ensayo de adhesión



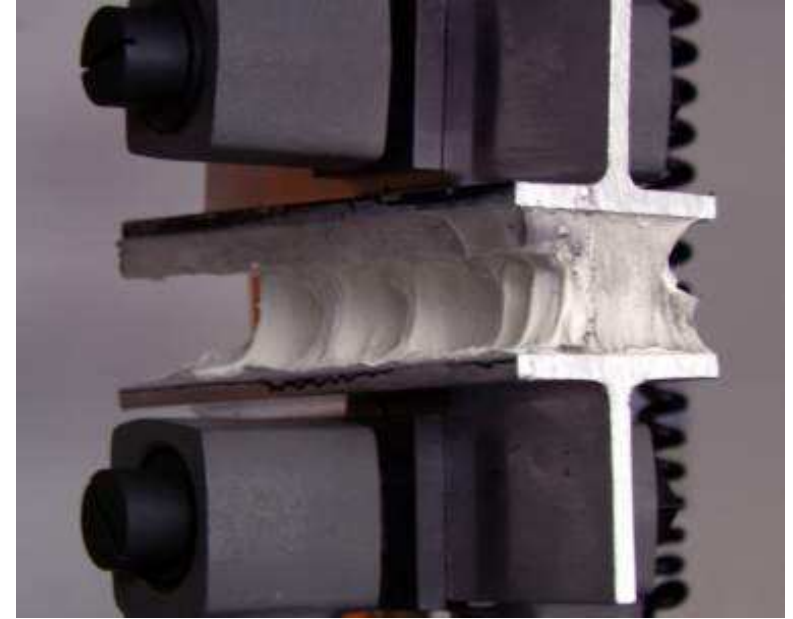
The adhesive detaches from the substrate:
inadequate adhesion without primer (left
part)

The adhesive tears during the peel test:
optimum bonding with primer (right part)

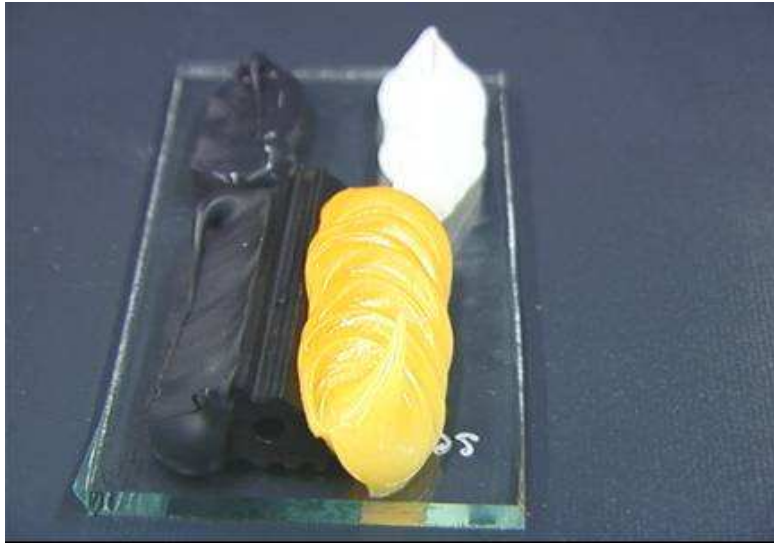


H test specimen

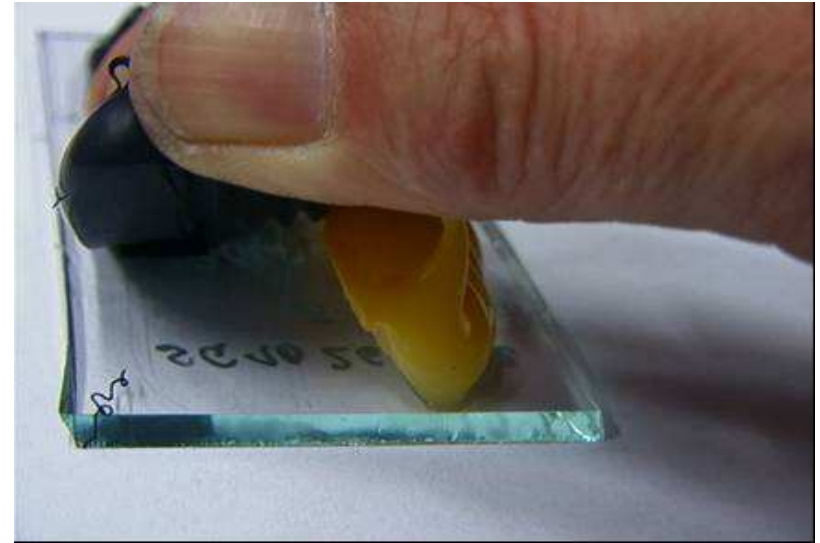
Ensayos de tracción y cortadura



Adhesion & Ensayo de compatibilidad



1) *Decoloración*



2) *Pérdida de adhesión*

3) *Deterioro de las fuerzas mecánicas*



Ensayos de alta velocidad



Parámetros

1 m/s velocidad de deformación

-10°C to +35 °C / \approx 10% to 90% r.h.

Sin airbag: 0,3 N/mm²,

Con airbag(s): 1,0 N/mm²

ó 0,6 N/mm² - 8 MJ/mm²

Resultados

Resistencia en función del tiempo,
temperatura y humedad.

Fases de un proyecto de unión con adhesivos

Realización de proceso de trabajo

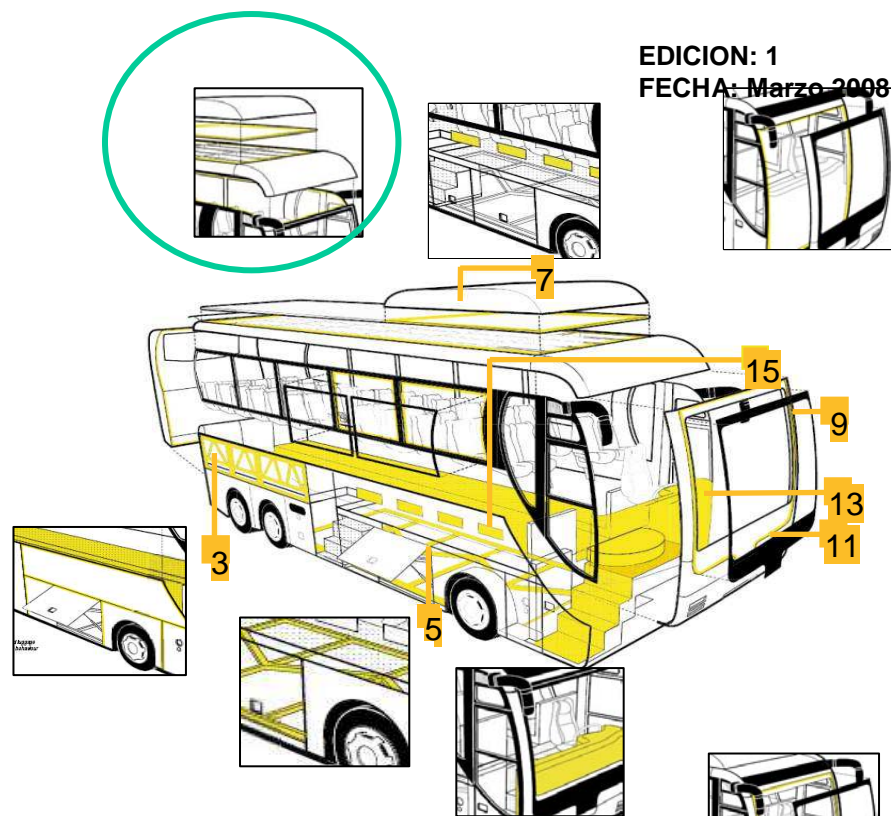
- **Es una parte fundamental para la seguridad y continuidad de la aplicación**
- **Detalla paso a paso el proceso de aplicación**
- **Debe estar firmado por el suministrador y por el cliente**
- **Debe estar actualizado**
- **Debe contener los datos necesarios pero no datos en exceso**
- **Debe ser conciso e interpretable por cualquiera**
- **Los substartos a pegar deben estar claramente identificados**
- **Debe hacer siempre referencia a un ensayo de envejecimiento**
- **Debe contener cualquier tipo de consejo o precaución que sea relevante para la aplicación**

XIII Jornadas de Materiales de La Universidad Carlos III



Ejemplo de proceso de trabajo

Pegado de Techo en modelo XXXX: Techo de aluminio sobre estructura Epoxi y Poliester sobre estructura epoxi



FIRMADO SIKA	
FIRMADO CLIENTE	
FECHA	

Materiales

- Estructura de acero imprimada con Epoxi Basf ó Dupont
- Techo de aluminio (en dos mitades)
- Delantera y trasera de techo en Poliester reforzado

Adhesivo a utilizar: Sikaflex 2345

tratamientos previos de los materiales:

- Estructura: Sika Activador (Secado 10 min)
- Techo de aluminio: Sika Activador (10 min de secado + Sika Primer 201P (30 min de secado)
- Poliester por el lado de la fibra: Sika Primer 203G (30 min de secado)

Aplicación del adhesivo:

Aplicar el Sikaflex2345 a partir de unipacs de 600 ml.
Aplicar la cantidad suficiente para que el adhesivo cubra toda las juntas y las tensiones propias de la unión sean uniformes.

Observaciones:

- Evitar las tensiones constantes. No forzar los materiales a pegar durante el secado del adhesivo
- En el pegado sobre Poliester, asegurar que este esté totalmente curado. No aplicar disolventes sobre la fibra

Sika Rapport Nr.: 23 ENV 06, 55 ENV 06, 65 ENV 07, 10 ENV 08, 17 ENV 08

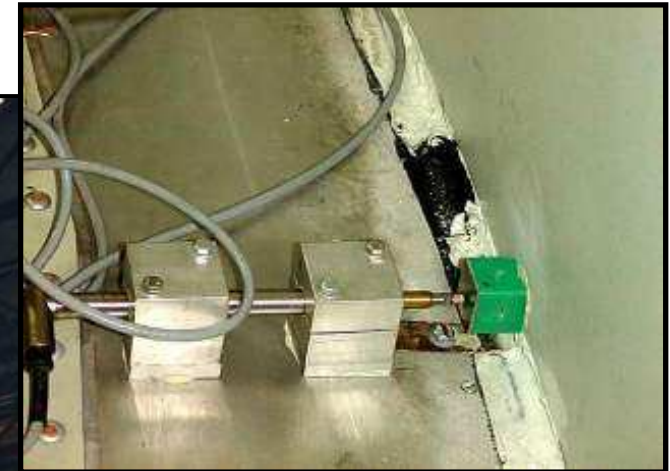
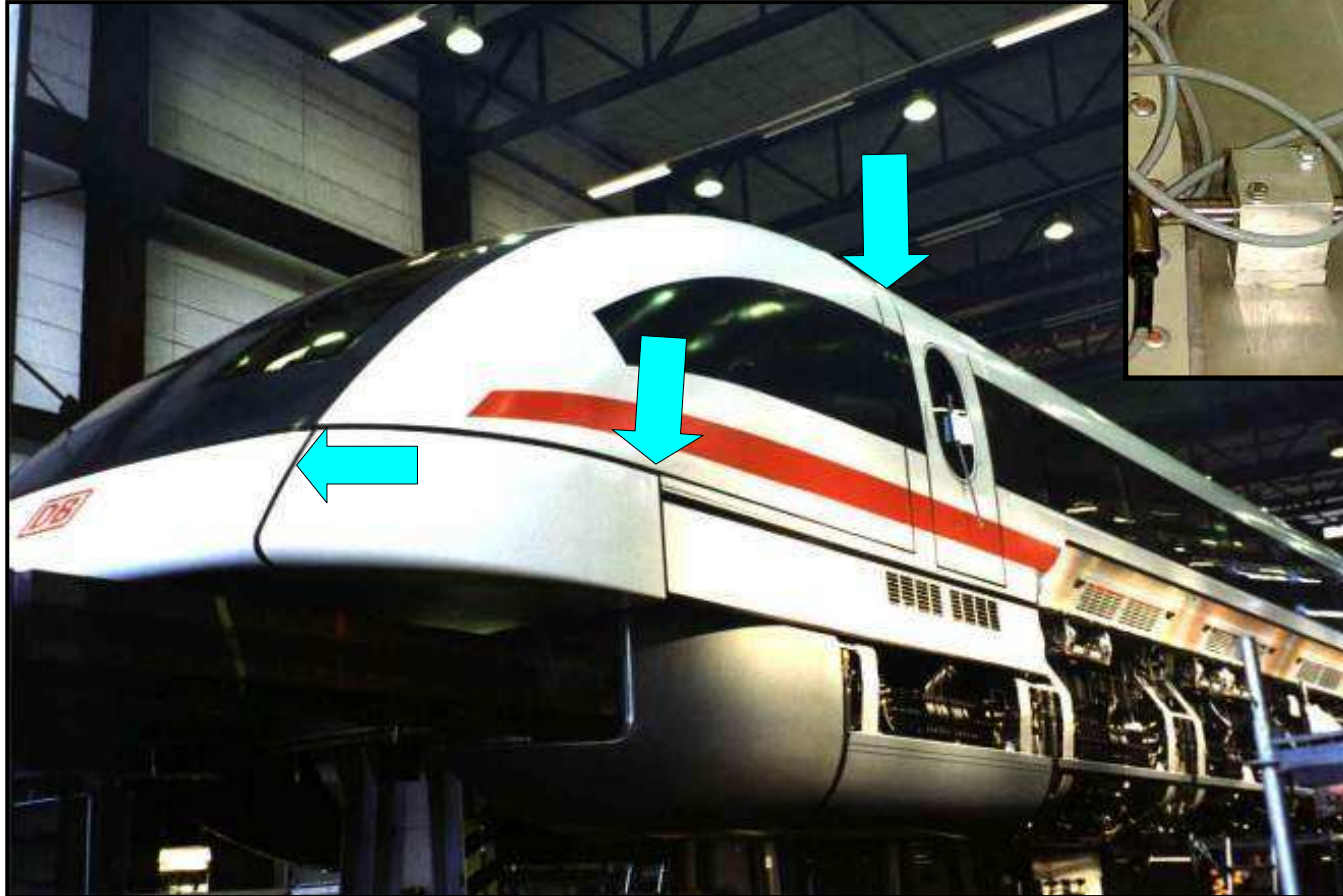
Fases de un proyecto de unión con adhesivos

Fase de ensayos prácticos de campo

- Deben reproducir la realidad de la aplicación
- Nunca realizar con substratos distintos a los de la aplicación
- Ni con tratamientos distintos
- Deben cumplir con todo lo Ensayado y decidido previamente
- Es el paso definitivo antes de la Implementación definitiva
- No ensayar sobre vehículos distintos a los del proyecto



Ensayos de campo que demuestran lo calculado previamente y la adaptación al proceso de producción



**Medida de la
deformación
dinámica**

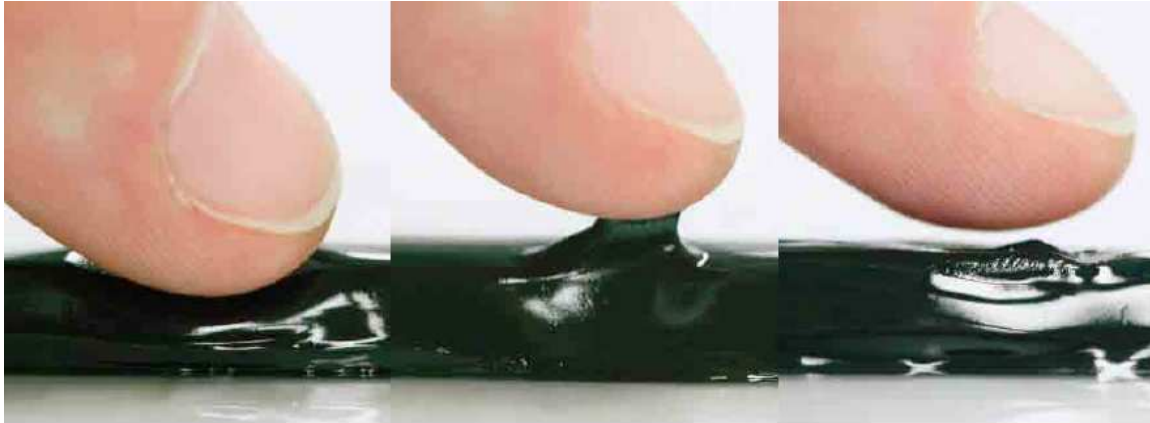
Fases de un proyecto de unión con adhesivos

Implementación del control de calidad

- Con adhesivos los ensayos son siempre destructivos
- Fundamental trazabilidad de adhesivos y trat. previos
- Anotar siempre (todas las unidades de fabricación) en nº de batch, nº de vehículo, fecha, etc.
- Ensayos en paralelo cada cierto nº de piezas pegadas
- Ensayos en las mismas condiciones que la aplicación real
- Ensayos que definan la calidad del adhesivo (P. ej rotura de hilo. Viscosidad, desarrollo de la resistencia, etc.
- Fundamental formación de los operarios
- Formación específica sobre cada proceso de trabajo

Fases de un proyecto de unión con adhesivos

Implementación del control de calidad



Finger method: Press the finger tip lightly on the adhesive and lift off. The skin-over time is the point at which adhesive no longer sticks to the finger (image on

Ensayo "Tack Free Time"

Ensayo sobre calidad de la mezcla
En un producto bicomponente



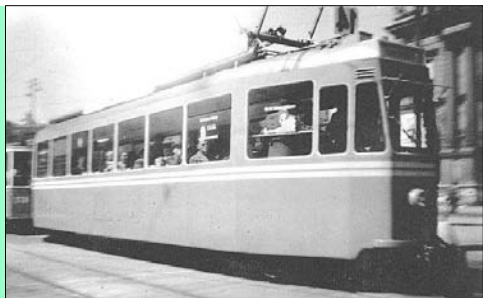
Positive test: ideal mixing

Negative test: inadequate mixing

Sika®



¿Preguntas?



Muchas Gracias por su atención